

Mokyklų/ligoninių/etc. tinklo
optimizavimo modelis
+
atviras programinis kodas

R.K. (2017 m. kovas)

Modelio tikslas

- Jei valdžia nutartų **optimizuoti** (tuštėjantį dėl demografijos) (mokyklų) tinklą, modelis duotų **bešališką atsakymą**, kurias mokyklas uždaryti, o mokinius perkelti į gretimas
 - politika tampa paremta **kaštų ir naudos analize**
 - **lengviau „derėtis“** su savivaldybėmis dėl „lėšų magnetų“
- Jei valdžia nutartų **neoptimizuoti** (kaip **pašto** skyrių atveju), bent jau žinotume tokio politinio sprendimo **kaštus**

Mokinių mažėja

1 lentelė. Mokinių skaičius bendrojo ugdymo mokyklose 2004–2015 m.

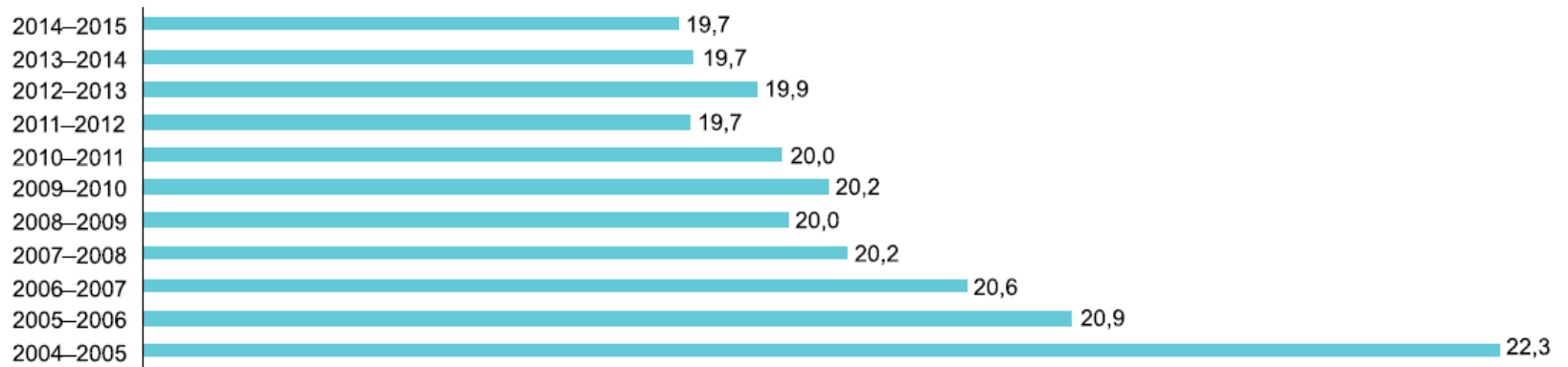
Mokslo metai	2004–2005	2005–2006	2006–2007	2007–2008	2008–2009	2009–2010	2010–2011	2011–2012	2012–2013	2013–2014	2014–2015
Mokinių skaičius	563107	538541	514622	489442	464638	440504	415873	392922	373847	357530	344721
Mokinių mažėjimas		24566	23919	25180	24804	24134	24631	22951	19048	16344	12809
Mokinių mažėjimas proc.		4,6	4,6	5,1	5,3	5,5	5,9	5,8	5,1	4,6	3,7

Duomenų šaltinis: ITC

[https://www.smm.lt/uploads/documents/svietimas/Svietimas%20regionuose%202015%20\(3\).pdf](https://www.smm.lt/uploads/documents/svietimas/Svietimas%20regionuose%202015%20(3).pdf)

Darbo našumas (mokinių/mokytojų santykis) mažėja

5 pav. Vidutinis bendrojo ugdymo klasės komplekto mokinių skaičius

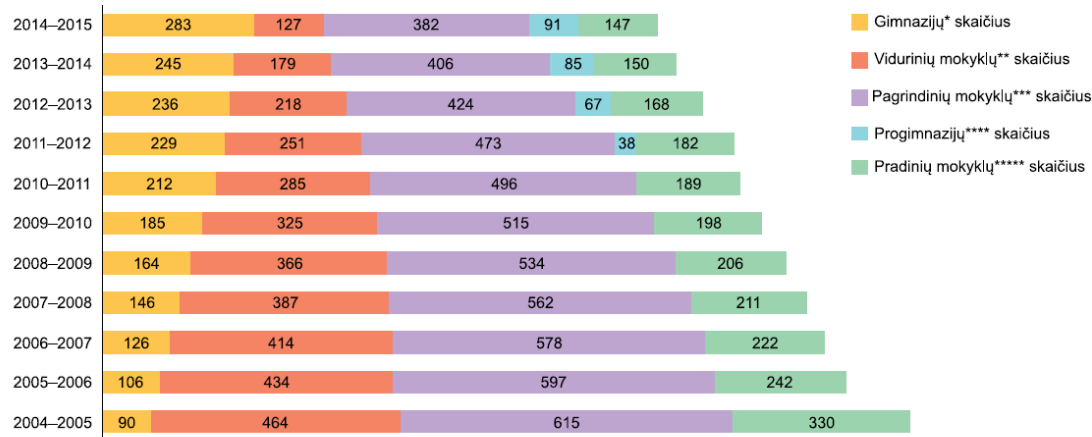


Duomenų šaltinis: ITC

[https://www.smm.lt/uploads/documents/svietimas/Svietimas%20regionuose%202015%20\(3\).pdf](https://www.smm.lt/uploads/documents/svietimas/Svietimas%20regionuose%202015%20(3).pdf)

Mokyklų mažėja, bet ar optimaliai? be modeliavimo – nežinom...

1 pav. Bendrojo ugdymo mokyklos pagal tipus 2004–2005 – 2014–2015 m. m.



Duomenų šaltinis: ITC

* 2013 ir 2014 metais skaičiuotos šių paskirčių mokyklos: gimnazijos tipo gimnazija, gimnazijos tipo gimnazija visų amžiaus tarpsnių vaikams.

** 2013 ir 2014 metais skaičiuotos šios paskirties mokyklos: vidurinės mokyklos tipo vidurinė mokykla.

*** 2013 ir 2014 metais skaičiuotos šios paskirties mokyklos: pagrindinės mokyklos tipo pagrindinė mokykla.

**** 2013 ir 2014 metais skaičiuotos šios paskirties mokyklos: progimnazijos tipo progimnazija.

***** 2013 ir 2014 metais skaičiuotos šių paskirčių mokyklos: pradinės mokyklos tipo pradinė mokykla, pradinės mokyklos tipo mokykla-darželis.

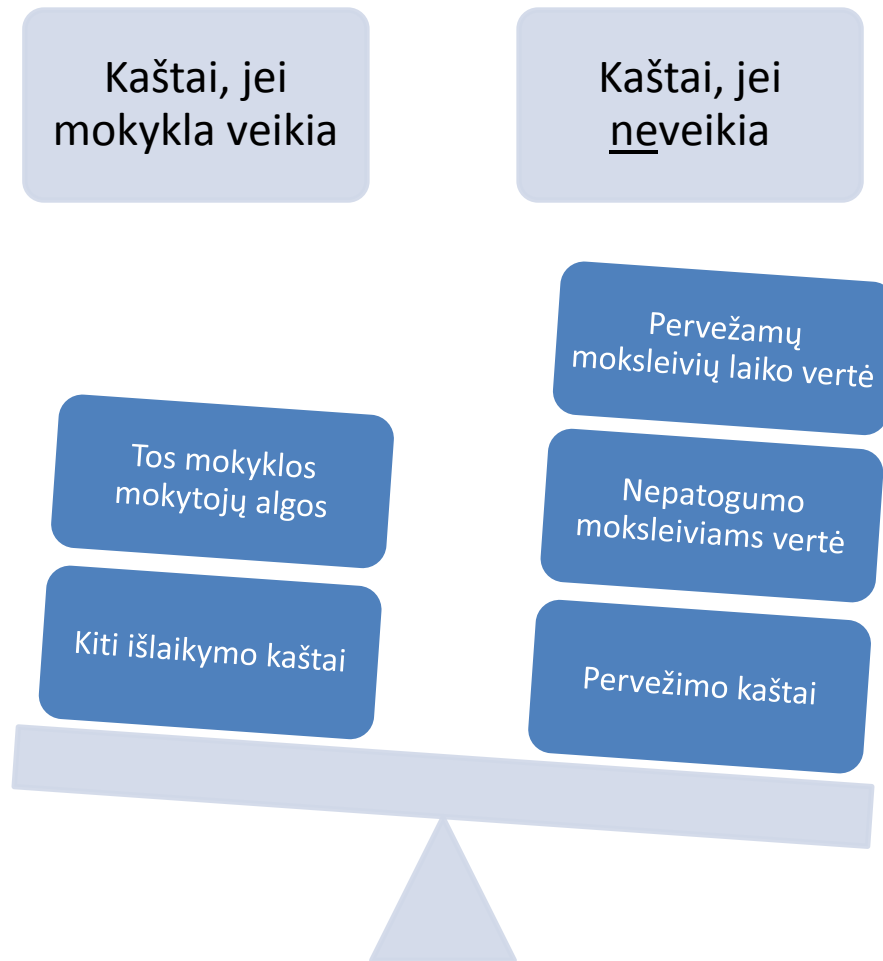
¹ Mike Wallace ir Keith Pocklington. Managing Complex Educational Change. London and New York.

² Mokyklų, vykdančių formaliojo švietimo programas, tinklo kūrimo taisyklių, patvirtintų Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2011 m. birželio 29 d. LRV nutarimu Nr. 768, 3 punktas.

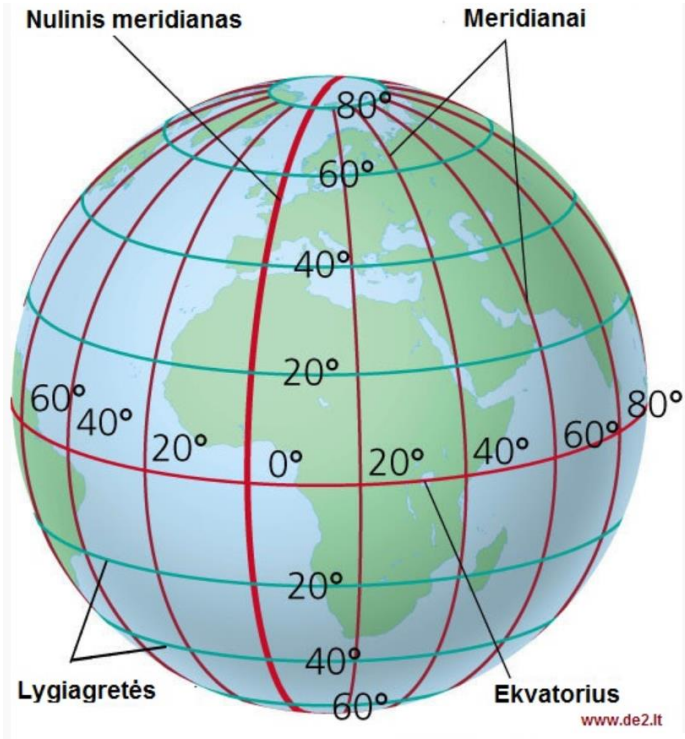
³ Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministro 2004 m. spalio 6 d. įsakymas Nr. ISAK-1554 „Dėl Mokyklų tinklo pertvarkos metodinių rekomendacijų“.

[https://www.smm.lt/uploads/documents/svietimas/Svietimas%20regionuose%202015%20\(3\).pdf](https://www.smm.lt/uploads/documents/svietimas/Svietimas%20regionuose%202015%20(3).pdf)

Modelio esmė: minimizuoti sistemos veikimo kaštus



Koordinačių sistema: priminimas



Platumos laipsnis ~ 111 km; minutė $\sim 1,85$ km.; sekundė ~ 30 m.

Ilgumos dydis mažėja nuo $\sim 111,3$ km iki 0 km, pavyzdžiui, platumoje 60° , ilgumos laipsnis $\sim 55,8$ km.

Modelio kodas (GAMS kalba)(su paaiškinimais) (1)

```
$TITLE (Mokyklu) tinklo optimizavimo modelis
```

```
*#####  
*### 1. AIBIU DEKLARAVIMAS -----###  
*#####
```

Sets

```
i mokyklos /i1*i10/
```

```
Alias (i,j);
```

i: mokyklų aibė (dabar LT apie 1000)
Alias: dubliuojanti aibė

Modelio kodas (2)

```
*#####  
*### 2. DUOMENU IMPORTAVIMAS -----###  
*#####
```

Table mok_db(i,*)

	n1	n2	e1	e2	xp	xt	Exp	xpmax
i1	55	11	25	11	1000	100	700	3000
i2	55	21	25	27	1500	110	600	3000
i3	55	31	25	32	1200	120	850	3000
i4	55	41	25	45	1600	125	650	3000
i5	55	51	25	55	2000	120	720	3000
i6	56	01	26	35	2300	119	600	3000
i7	56	11	26	36	1000	117	510	3000
i8	56	15	26	39	1200	102	400	3000
i9	56	25	26	44	1300	130	900	3000
i10	56	39	26	55	1400	136	1400	3000

;

n, e: mokyklos i koordinatės
xp: mokinių skaičius
xt: mokytojų skaičius
Exp: kitos išlaikymo išlaidos
xpmax: mokyklos pajėgumas

Modelio kodas (3)

```
*#####  
*### 3. PARAMETRU DEKLARAVIMAS IR REIKSMES IS DB -----###  
*#####
```

```
*===== 3.1 Koordinates =====
```

Parameters

```
kn1(i)      mokyklos i platuma (laipsniais)  
kn2(i)      mokyklos i platuma (minutemis)  
ke1(i)      mokyklos i ilguma (laipsniais)  
ke2(i)      mokyklos i ilguma (minutemis)  
  
dn          platumos laipsnio ekvivalentas (km)  
de          LT ilgumos laipsnio ekvivalentas (km)  
kn_km(i)    mokyklos i atstumas nuo 0 paraleles (km)  
ke_km(i)    mokyklos i atstumas nuo 0 meridiano (km)
```

Modelio kodas (3)

```
d_km(i,j) atstumas tarp mokyklos i ir j (km)
dmin(i)   min atstumas tarp mokyklos i ir artimiausios mokyklos

xp(i)     mokiniu skaicius mokykloje i
xt(i)     mokytoju skaicius mokykloje i
Exp(i)    kitos islaikymo islaidos mokykloje i
xpmax(i)  max mokiniu skaicius mokykloje i
W         vidutine mokytoju alga ('000 eur)
pt        moksleivio laiko+nepatogumo verte (euro centai uz km)
ptr       autobuso degalu verte eur uz km
;
```

Modelio kodas (4)

```
kn1(i) = mok_db(i, "n1");
kn2(i) = mok_db(i, "n2");
ke1(i) = mok_db(i, "e1");
ke2(i) = mok_db(i, "e2");
dn      = 111;
de      = 63;
kn_km(i) = dn*kn1(i) + dn/60*kn2(i);
ke_km(i) = de*ke1(i) + de/60*ke2(i);
d_km(i,j) = sqrt( sqrt(kn_km(i)-kn_km(j)) + sqrt(ke_km(i)-ke_km(j)) );
dmin(i) = smin ( j$d_km(i,j), d_km(i,j) );
xp(i) = mok_db(i, "xp");
xt(i) = mok_db(i, "xt");
Exp(i) = mok_db(i, "Exp");
xpmax(i) = mok_db(i, "xpmax");
W      = 1;
pt     = 0.1/1000;
ptr    = 1/1000;
Display d_km, dmin;
```

kn_km(i): iš laipsnių į km
d_km(i,j): atstumų tarp mokyklų
matricos skaičiavimas
dmin(i): atstumas nuo artimiausios
pt: laikas+nepatogumai 10ct/km
ptr: transporto kaštai 1eur/km

Modelio kodas (5)

```
*#####  
*### 5. KINTAMUJU DEKLARAVIMAS -----###  
*#####
```

Binary variable

x(i) veikia ar ne

Variables

```
*===== 5.1 Kastai/nauda =====  
C1(i)      kastai jei veikia  
C0(i)      kastai jei neveikia  
Cnet(i)    kastai gryniesi  
*===== 5.2 Tikslu funkcija =====  
Obj
```

x(i): sprendimo kintamasis (jei =0, mokykla uždaroma; jei =1, veikia)

Modelio kodas (6)

```
*#####  
*### 6. LYGCIU DEKLARAVIMAS -----###  
*#####
```

Equations

```
eq_C1(i),  
eq_C0(i),  
eq_Cnet(i),  
eq_sumx,  
eq_Obj;
```

Modelio kodas (6)

```
#####  
*### 7. LYGTYS -----  
#####
```

```
*=== Kastai ===
```

```
eq_C1(i).. C1(i) =e= 12*W*xt(i) + Exp(i);
```

```
eq_C0(i).. C0(i) =e= 2*200*( xp(i)*(pt*((dmin(i)/20)))*dmin(i)  
+ (max(1, xp(i)/50))*ptr*dmin(i) );
```

```
eq_Cnet(i).. Cnet(i) =e= C1(i) - C0(i);
```

```
*=== Apribojimai ===
```

```
eq_sumx.. sum(i, x(i)*xpmax(i)) =g= sum(i, xp(i));
```

```
*=== Tikslu funkcija ===
```

```
eq_Obj.. Obj =e= sum(i, x(i)*C1(i) + abs(x(i)-1)*C0(i) );
```

12: mėnesių skaičius

2: du pervežimai per dieną

200: mokslo dienų per metus

20: kelionės atstumo km

„diskomforto“ lūžis (kaštai netiesiniai, kad vengtume labai ilgų kelionių)

50: max moksleivių autobuse

Visi moksleiviai turi mokytis

Abs(x(i)-1): jei veikia, tai išlaikymo kaštai, jei ne – laiko+pervežimo

Modelio kodas (7)

```
*#####  
*### 8. MODELIO DEKLARAVIMAS IR SPRENDIMAS -----###  
*#####
```

all: visos deklaruotos lygtys sudaro modelį

```
Model LT_MOKYKLOS /all/;
```

```
Solve LT_MOKYKLOS using MINLP minimizing Obj;
```

MINLP: mixed integer non-linear programming
Minimizing: minimizuojam tikslo funkcija (sistemos veikimo kaštus)

Modelio spreindinys (1)

MODEL STATISTICS

BLOCKS OF EQUATIONS	5	SINGLE EQUATIONS	32
BLOCKS OF VARIABLES	5	SINGLE VARIABLES	41
NON ZERO ELEMENTS	91	NON LINEAR N-Z	30
DERIVATIVE POOL	34	CONSTANT POOL	9
CODE LENGTH	353	DISCRETE VARIABLES	10

GENERATION TIME	=	0.031 SECONDS	2.1 Mb	WIN205-130
EXECUTION TIME	=	0.031 SECONDS	2.1 Mb	WIN205-130

Modelio sprendinys (2)

S O L V E

S U M M A R Y

MODEL	LT_MOKYKLOS	OBJECTIVE	Obj
TYPE	MINLP	DIRECTION	MINIMIZE
SOLVER	DICOPT	FROM LINE	160

```
**** SOLVER STATUS      1 NORMAL COMPLETION
**** MODEL STATUS      8 INTEGER SOLUTION
**** OBJECTIVE VALUE           15840.1772
```

Modelio sprendinys (3)

---- VAR x

Optimalus sprendinys

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
i1	.	1.000	1.000	3348.898
i2	.	1.000	1.000	3260.204
i3	.	.	1.000	1217.837
i4	.	1.000	1.000	3870.282
i5	.	.	1.000	9.647
i6	.	1.000	1.000	3948.369
i7	.	.	1.000	1720.295
i8	.	.	1.000	1391.554
i9	.	.	1.000	1298.490
i10	.	1.000	1.000	5601.412

MARGINAL: kaštai, jei politiniu sprendimu „nugalim“ optimalų sprendimą uždaryti ar neuždaryti



Cutting Edge Modeling

$$\sum_{j \in N} x_{ij} = 1, \quad j \in N$$
$$\sum_{j \in \{1, \dots, q\}} x_{jq} = (|e| - 1)$$
$$\sum_{j \in e} x_{jq} = |e|$$

- Formulate optimization problems in a notation similar to their algebraic notation
- The GAMS language is powerful, yet easy to learn
- Responsive tech support by highly competent experts

LEARN MORE ABOUT WHY GAMS IS THE PERFECT TOOL FOR MODELERS

News & Events

- February 6, 2017 The new GAMS World Forum is online [read more](#)
- March 28-31, 2017 Modeling and Optimization with GAMS Fundamentals Vienna, Austria [read more](#)
- May 8-12, 2017 Practical General Equilibrium Modeling with GAMS Washington, DC, USA [read more](#)
- May 8-12, 2017 Energy and Environmental CGE Modeling with GAMS Washington, DC, USA [read more](#)

[SEE ALL](#)

Support Download Buy GAMS

About the Company

GAMS is one of the leading tool providers for the optimization industry and was the first software system to combine the language of mathematical algebra with traditional programming concepts in order to efficiently describe and solve optimization problems.

Get information about using GAMS

Whether you are new to GAMS or an experienced user, here you will find an overview of where to find all kinds of information on using GAMS.

Find out what others are doing with GAMS

GAMS is used worldwide in more than 120 countries by both commercial and academic users from many different areas such as the energy and chemical industries, healthcare, production planning, economic modeling, agricultural planning, and many others.